第 19 講　弦と気柱の振動

1

次の文中の［ア］〜［キ］に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，［ク］に適するものをその解答群から2つ選んで，所定の欄にその番号をマークせよ。また，［b］に適する式を書きなさい。

図１のように，水平な台の上に一様な弦の一端を固定し，他端に質量 M のおもりをつるして，滑車にかけた。そして，弦の下にコマを置き，コマから距離 L だけ離れた位置に振動子を置いた。振動子は，弦に振動を与えることができる。

振動子の振動数を上げていくと，振動数 f_1 のときに，コマと振動子の位置に節を持つ基本振動が生じた。さらに振動数を上げると，振動数 f_2 のときに２倍振動が，f_3 のときに３倍振動が生じた。振動数が f_3 のとき，腹の数は［ア］であり，弦を伝わる波の波長は［イ］である。n 倍振動の振動数 f_n は，波の速さ v と弦の長さ L を使って

$f_n =$［b］（$n = 1,\ 2,\ 3,\ \cdots$）

と表される。波の速さ v と基本振動数 f_1 のあいだには

$v =$［ウ］f_1

という関係がある。

次に，おもりの質量を変えて基本振動数を測定し，おもりの質量と基本振動数の関係を調べた。横軸におもりの質量を，縦軸に基本振動数の２乗をとってグラフにすると，図２のような直線が得られた。この結果によると，おもりの質量を３倍にすると，基本振動数は［エ］倍になる。図２の直線の傾きを α とすると，おもりの質量が M のときの波の速さ v は［オ］である。

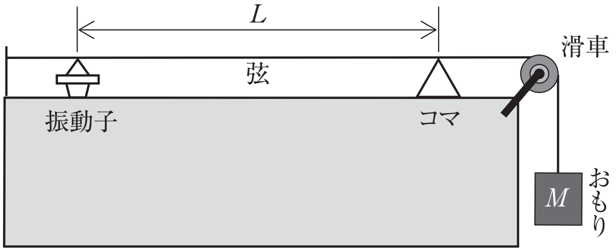


図１

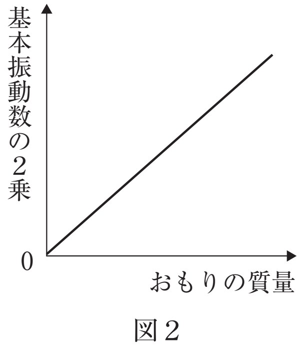


図２

図１で，振動数 f_3 で３倍振動が生じているときに，振動数を f_3 に固定したまま，コマの位置を振動子に近づけて，２倍振動が起こる位置を探すと，ちょうど最初の位置から［カ］だけコマを移動したところで２倍振動が起こった。ここで，f_3 より少しだけ振動数の低い音叉（おんさ）を弦に近づけると，単位時間あたり k 回のうなりが聞こえた。音叉の振動数は［キ］である。音叉と同じ振動数で２倍振動を起こさせるためには，［ク］。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

[ア]の解答群

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

[イ], [ウ], [カ]の解答群

① $\frac{L}{4}$　② $\frac{L}{3}$　③ $\frac{L}{2}$　④ L

⑤ $\frac{2L}{5}$　⑥ $\frac{2L}{3}$　⑦ $2L$　⑧ $3L$

[エ]の解答群

① $\frac{\sqrt{3}}{2}$　② $\frac{2}{\sqrt{3}}$　③ $\sqrt{3}$　④ 2

⑤ 3　⑥ $2\sqrt{3}$　⑦ 6　⑧ 9

[オ]の解答群

① $\frac{LM}{\alpha}$　② $\frac{2LM}{\alpha}$　③ $L\sqrt{\frac{M}{\alpha}}$　④ $2L\sqrt{\frac{M}{\alpha}}$

⑤ $L\alpha M$　⑥ $2L\alpha M$　⑦ $L\sqrt{\alpha M}$　⑧ $2L\sqrt{\alpha M}$

[キ]の解答群

① $f_3-\frac{1}{2}k$　② f_3-k　③ f_3-2k　④ $f_3+\frac{1}{2}k$

⑤ f_3+k　⑥ f_3+2k

[ク]の解答群（2個選択）

① おもりの質量を変えずに，コマを滑車の方へ動かせばよい

② おもりの質量を変えずに，コマを振動子の方へ動かせばよい

③ コマの位置を変えずに，おもりの質量を増やせばよい

④ コマの位置を変えずに，おもりの質量を減らせばよい

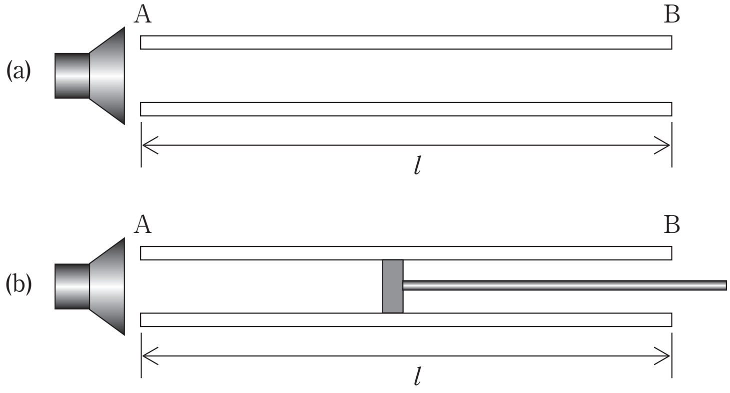
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

図のように，細長い管の管口に置いたスピーカーから音を出して共鳴させる。以下の文中の〔　　　〕内には適切な数式を記入し，｛　　　｝内からは正しいものを示す記号を選んで文章を完成せよ。ただし，開口端の補正はないものとする。



図

細長い管の中には，空気の密度が時間や場所とともに周期的に変化する｛(1)　ア．縦波　イ．横波｝の定常波ができ，｛(2)　ア．開端が節，閉端が腹　イ．開端が腹，閉端が節｝となる。このとき，空気の密度の変化が最も激しい場所は｛(3)　ア．腹　イ．節｝である。

管の中にできる定常波の振動数と，スピーカーからの音の振動数が一致すると共鳴が起こる。

図(a)に示すような長さ l [m] の開管 AB の管口に置いたスピーカーの出す音の振動数をゆっくり上げていったところ，振動数 f [Hz] で最初の共鳴が起こった。このとき，音波の波長は〔 (4) 〕[m]，音速は〔 (5) 〕[m/s] である。さらに振動数を上げていったところ，2 回目の共鳴が起こった。このとき，音波の波長は〔 (6) 〕[m]，振動数は〔 (7) 〕[Hz] である。

スピーカーの出す音の振動数を〔 (7) 〕に固定して，図(b)のようにピストンをはめこみ，管口 A からゆっくりと右に移動させると，管口 A から〔 (8) 〕[m] のところで最初の共鳴が起こる。さらにピストンを右に移動させると，2 回目の共鳴が管口 A から〔 (9) 〕[m] のところで起こる。

ピストンの位置を〔 (9) 〕に固定し，スピーカーの出す音の振動数をさらに上げると，次に共鳴が起こるときの振動数は〔 (10) 〕[Hz] である。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

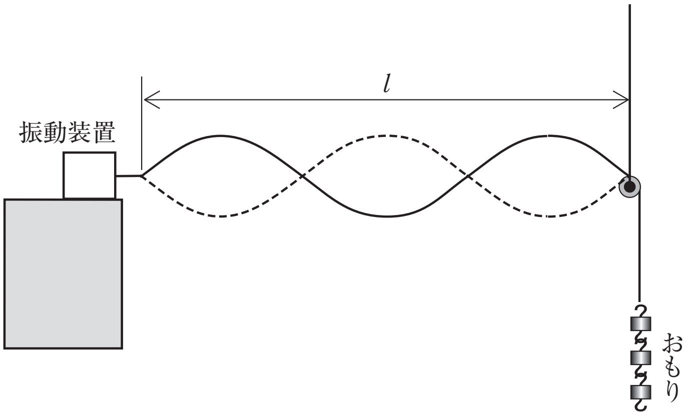
ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　確認テスト

［A］ 次の文章を読み，下の問１～４に答えなさい。

線密度 ρ の弦の一端を振動装置に固定し，他端には滑車を介して質量の合計が m のおもりをつるす。弦の振動部分は水平に張ってあり，その長さは l である。はじめ，振動装置の振動数を f としたところ，弦には図のように腹が３個の定常波が生じた。重力加速度の大きさを g とする。なお，弦の線密度とは，弦の単位長さあたりの質量のことである。



問１　図の状態で，弦を伝わる波の速さ V はいくらか。正しいものを，次の①～⑥から一つ選びなさい。V＝ [1]

①　$\frac{1}{3}fl$　②　$\frac{1}{2}fl$　③　$\frac{2}{3}fl$　④　fl　⑤　$\frac{4}{3}fl$　⑥　$\frac{3}{2}fl$

問２　弦を伝わる波の速さ V は，弦の張力を T とすると，線密度 ρ を用いて $V=\sqrt{\frac{T}{\rho}}$ で与えられる。いま，振動装置の振動数は f のままで，腹が６個の定常波が生じるようにするには，おもりの質量の合計を m の何倍にすればよいか。正しいものを，次の①～⑧から一つ選びなさい。[2] 倍

①　$\frac{1}{4}$　②　$\frac{1}{3}$　③　$\frac{1}{2}$　④　$\frac{2}{3}$　⑤　1　⑥　2

⑦　3　⑧　4

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問３　腹が６個の定常波が生じた問２の状態から，振動装置の振動数を f より徐々に小さくしていったところ，定常波ができなくなったがしばらくするとまた定常波が生じるということが繰り返された。振動装置の振動数をほぼ０まで小さくするとき，はじめの状態を除いて，何回定常波が生じるか。正しいものを，次の①～⑧から一つ選びなさい。

［ 3 ］回

①　1　　②　2　　③　3　　④　4　　⑤　5　　⑥　6

⑦　7　　⑧　8

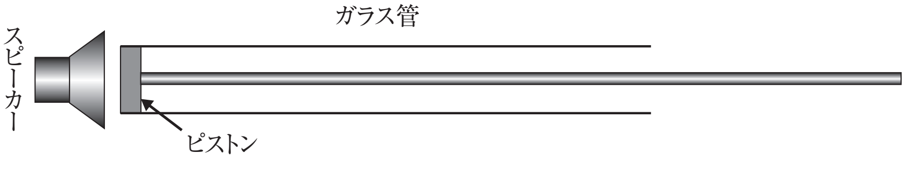
問４　再び，装置全体を振動数が f で腹が３個の定常波が生じていたはじめの状態に戻し，この状態から振動装置の振動数を Δf だけ増加させたところ，腹が４個の定常波が生じた。Δf はいくらか。正しいものを，次の①～⑧から一つ選びなさい。$\Delta f=$ ［ 4 ］

①　$\dfrac{f}{8}$　　②　$\dfrac{f}{4}$　　③　$\dfrac{f}{3}$　　④　$\dfrac{f}{2}$　　⑤　$\dfrac{2}{3}f$　　⑥　$\dfrac{3}{4}f$

⑦　f　　⑧　$\dfrac{2}{3}f$

［B］　次の文章を読み，下の問１～４に答えなさい。

　図のように，内径が一様なガラス管にピストンを差し込み，左側の管口まで入れて，その管口付近でスピーカーを鳴らした。ピストンをゆっくり引き抜いていったところ，ピストンがガラス管の右端に達するまでに３回大きな音が聞こえた。このとき，１回目に大きな音が聞こえた位置と２回目に大きな音が聞こえた位置の間隔，２回目に大きな音が聞こえた位置と３回目に大きな音が聞こえた位置の間隔は共に a であった。さらに，ピストンをガラス管から抜き去ったところ，大きな音が聞こえた。音速を V とし，開口端補正は考えないものとする。



問１　大きな音が聞こえるとき，ガラス管内には定常波が生じている。この定常波の波長はいくらか。正しいものを，次の①～⑧から一つ選びなさい。［ 5 ］

①　$\dfrac{a}{4}$　　②　$\dfrac{a}{3}$　　③　$\dfrac{a}{2}$　　④　$\dfrac{2a}{3}$

⑤　a　　⑥　$\dfrac{3a}{2}$　　⑦　$2a$　　⑧　$3a$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問２　スピーカーから出ている音の振動数 f はいくらか。正しいものを，次の①〜⑧から一つ選びなさい。$f=$ [6]

① $\dfrac{V}{4a}$　② $\dfrac{V}{3a}$　③ $\dfrac{V}{2a}$　④ $\dfrac{V}{a}$

⑤ $\dfrac{a}{4V}$　⑥ $\dfrac{a}{3V}$　⑦ $\dfrac{a}{2V}$　⑧ $\dfrac{a}{V}$

問３　ガラス管の長さはいくらか。正しいものを，次の①〜⑧から一つ選びなさい。[7]

① a　② $\dfrac{3a}{2}$　③ $2a$　④ $\dfrac{5a}{2}$

⑤ $3a$　⑥ $\dfrac{7a}{2}$　⑦ $4a$　⑧ $\dfrac{9a}{2}$

問４　ピストンをガラス管から抜き去った後，スピーカーから出す音の振動数を少しずつ小さくしていった。このとき，次に大きな音が聞こえるときの音の振動数は問２の振動数 f の何倍か。正しいものを，次の①〜⑤から一つ選びなさい。[8] 倍

① $\dfrac{1}{4}$　② $\dfrac{1}{3}$　③ $\dfrac{1}{2}$　④ $\dfrac{2}{3}$

⑤ $\dfrac{3}{4}$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　解答

1

ア　③　　イ　⑥　　ウ　⑦　　エ　③　　オ　⑧

カ　②　　キ　②　　ク　①と④

b：$\frac{v}{2L}n$

2

(1)　ア　　(2)　イ　　(3)　イ　　(4)　$2l$　　(5)　$2lf$

(6)　l　　(7)　$2f$　　(8)　$\frac{1}{4}l$　　(9)　$\frac{3}{4}l$　　(10)　$\frac{10}{3}f$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　確認テスト

【解答】

［A］

1　③　　2　①　　3　⑤　　4　③

［B］

5　⑦　　6　③　　7　⑤　　8　④

【解説】

［A］

問1

弦に生じている波の波長λは

$$\frac{\lambda}{2}\times 3=l \qquad \therefore\ \lambda=\frac{2}{3}l$$

よって，

$$V=f\lambda=\boldsymbol{\frac{2}{3}lf}_1$$

問2

固有振動数の式は

腹3コのとき：$f=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{mg}{\rho}}\times 3$ ――Ⓐ

腹6コのとき：$f=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{\alpha mg}{\rho}}\times 6$ ――Ⓑ

Ⓑ÷Ⓐより，

$$\alpha=\boldsymbol{\frac{1}{4}}\text{倍}_2$$

問3

腹の数が6→5→4→3→2→1となるので，**5回**_3

問4

振動数の式は

$$f+\Delta f=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{mg}{\rho}}\times 4 \quad ――Ⓒ$$

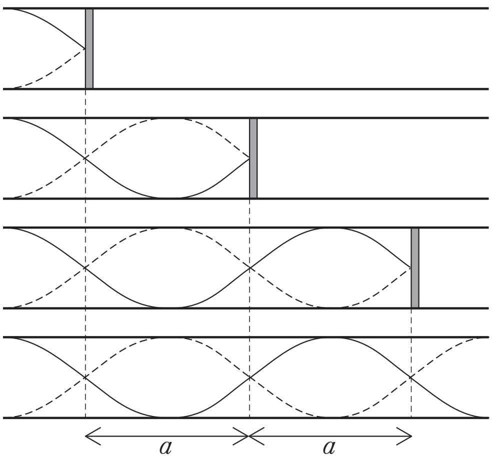
Ⓒ÷Ⓐより，

$$\frac{f+\Delta f}{f}=\frac{4}{3} \qquad \therefore\ \Delta f=\boldsymbol{\frac{1}{3}f}_4$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

［B］

問１　気柱の振動の様子は右図の様になる。



波長 λ は

$$\frac{\lambda}{2}=a$$

$$\therefore\ \lambda=\boldsymbol{2a}\ {}_{5}$$

問２

$$V=f\lambda$$

$$\therefore\ f=\frac{V}{\lambda}=\frac{\boldsymbol{V}}{\boldsymbol{2a}}\ {}_{6}$$

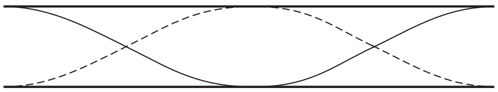
問３

図より，管の長さは

$$L=\frac{a}{2}+a+a+\frac{a}{2}=\boldsymbol{3a}\ {}_{7}$$

問４

振動数を下げていき，次に共鳴したときの様子は右の様になり，２倍の振動の形になる。元の振動数のときは３倍振動の形だから，新しい振動数 f' は



$$f:f'=3:2$$

$$\therefore\ f'=\frac{\boldsymbol{2}}{\boldsymbol{3}}\boldsymbol{f}\ {}_{8}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。